

DIALOG(R)File 352:Derwent WPI

(c) 2003 Thomson Derwent. All rts. reserv.

013223893 **Image available**

WPI Acc No: 2000-395767/200034

XRAM Acc No: C00-119657

XRPX Acc No: N00-297521

Polycrystalline silicon film layer formation for flat panel display
manufacture, involves passing inert gas to target area to scatter ambient
air during laser annealing to reduce oxygen content in silicon layer

Patent Assignee: SHARP KK (SHAF); SHARP LAB AMERICA INC (SHAF)

Inventor: VOUTSAS T

Number of Countries: 002 Number of Patents: 002

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
JP 2000138180	A	20000516	JP 99112757	A	19990420	200034 B
US 6071796	A	20000606	US 98183108	A	19981030	200034

Priority Applications (No Type Date): US 98183108 A 19981030

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan Pg	Main IPC	Filing Notes
-----------	------	--------	----------	--------------

JP 2000138180	A	11	H01L-021/268
---------------	---	----	--------------

US 6071796	A		H01L-021/324
------------	---	--	--------------

Abstract (Basic): JP 2000138180 A

NOVELTY - An inert gas is passed to the target area (43) on the amorphous silicon film (38) during the annealing process to scatter the ambient air away from the target area to reduce the oxygen content in the target area, so that oxygen content in the polycrystalline silicon film is reduced to a level that is less than a predetermined level.

DETAILED DESCRIPTION - Target area (43) in an amorphous silicon film (38) deposited on a substrate (36) is irradiated with an excimer laser (20) to anneal the amorphous silicon to change the amorphous silicon layer into a polycrystalline silicon film. The annealing process is carried out in an atmospheric pressure level.

USE - For forming polycrystalline silicon film layer for manufacture of TFT used for flat panel display, active matrix liquid crystal display.

ADVANTAGE - Regulates oxygen content in polycrystalline silicon film.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows block diagram of laser

annealing apparatus.

Excimer laser (20)

Substrate (36)

Amorphous silicon film (38)

Target area (43)

pp; 11 DwgNo 1/3

Title Terms: POLYCRYSTALLINE; SILICON; FILM; LAYER; FORMATION; FLAT; PANEL;
DISPLAY; MANUFACTURE; PASS; INERT; GAS; TARGET; AREA; SCATTERING; AMBIENT
; AIR; LASER; ANNEAL; REDUCE; OXYGEN; CONTENT; SILICON; LAYER

Derwent Class: L03; U11

International Patent Class (Main): H01L-021/268; H01L-021/324

International Patent Class (Additional): B01J-019/12; H01L-021/20

File Segment: CPI; EPI

(19) Japanese Patent Office (JP)

(12) Publication of Patent Application (A)

(11) Publication Number of Patent Application: 2000-138180 (P2000-138180A)

(43) Date of Publication of Application: H12. May 16 (2000.5.16)

(51) Int. Cl. ⁷	Identification Code	FI	Theme code (reference)
H01L 21/268		H01L 21/268	G
B01J 19/12		B01J 19/12	B
			G
H01L 21/20		H01L 21/20	

Request for Examination: Not made

Number of Claims: 17 OL (11 pages in total)

(21) Application Number: H11-112757

(22) Application Date: H11. April 20 (1999.4.20)

(31) Priority Application Number: 09/183. 108

(32) Priority Date: H10. October 30 (1998.10.30)

(33) Priority Country: United States (US)

(71) Applicant: 000005049

Sharp Corporation

22-22 Nagaikechou, Abeno-ku, Osaka-shi, Osaka

(72) Inventor: Tolis Voutsas

3100 SE 168th Avenue, Vancouver, WA 98693,

United States of America

(74) Agent: 100078282

Patent Attorney: Shusaku Yamamoto

(54) [Title of the Invention] METHOD FOR CONTROLLING OXYGEN INCORPORATION IN CRYSTALLIZATION OF SILICON FILM BY EXCIMER LASER ANNEALING IN AIR SURROUNDING

(57) [Abstract] (with correction)

[Problem] To provide a simple and cost-effective method for reducing the oxygen content of a polycrystalline silicon film annealed by ELA.

[Means for Solution] In a step of transforming an amorphous silicon layer into a polycrystalline silicon layer by depositing an amorphous silicon film on a substrate used in a flat panel display, followed by irradiating one or more target regions of the silicon film with one or more exposures to excimer laser energy, by a step of providing a surrounding environment for the silicon film and the substrate which is at atmospheric pressure during excimer laser annealing, and by a step of displacing a surrounding atmosphere from the surrounding environment in the target region by directing inert gas to the surface of the silicon film during irradiation of each target region, a method for reducing oxygen in the surrounding environment of the silicon film and being the oxygen content of the resultant polycrystalline silicon layer below a predetermined level.

[Scope of Claim]

[Claim 1] A method of forming a polycrystalline silicon film on a substrate used in a flat panel display, comprising:

- a) a step of depositing an amorphous silicon film on a substrate used in a flat panel display;
- b) a step of excimer laser annealing the amorphous silicon by irradiating one or more target regions of the silicon film with one or more exposures to excimer laser energy to transform the amorphous silicon layer into a polycrystalline silicon layer, the excimer laser annealing step including:
 - i) a step of providing a surrounding environment for the silicon film and the substrate which is at atmospheric pressure during the excimer laser annealing; and
 - ii) a step of displacing a surrounding atmosphere from the surrounding environment of each target region by directing inert gas to the surface of the silicon film during irradiation of the target region, whereby oxygen in the surrounding environment of the silicon film is reduced during the excimer laser annealing, and the oxygen content of the resultant polycrystalline layer is below a predetermined level.

[Claim 2] A method of forming a polycrystalline silicon film on a flat panel display as in claim 1, in which, during the excimer laser annealing step, the gas directed to the surface of the silicon film to displace the surrounding atmosphere is selected from a group consisting of argon and nitrogen.

[Claim 3] A method of forming a polycrystalline silicon film on a flat panel display as in

claim 1, in which the excimer laser annealing step is performed in a surrounding atmosphere which is predominantly air and includes the step of displacing air from the surrounding environment of each target region by the inert gas.

[Claim 4] A method of forming a polycrystalline silicon film on a flat panel display as in claim 1, in which the excimer laser annealing step includes a step of directing a flow of the inert gas onto the surface of the amorphous silicon film in the target region during irradiation of each the target region.

[Claim 5] A method of forming a polycrystalline silicon film on a flat panel display as in claim 1, in which the step of providing a surrounding environment for the silicon film and the substrate during the excimer laser annealing step further includes a step of providing a surrounding environment which is at room temperature.

[Claim 6] A method as in claim 1, in which the step of irradiating one or more target regions of the silicon film includes a step of irradiating a successive target region on the silicon film until a predetermined region of the silicon film is transformed into polycrystalline silicon.

[Claim 7] A method of forming a polycrystalline silicon film on a substrate used in a flat panel display, comprising:

- a) a step of depositing an amorphous silicon film on a substrate used in a flat panel display;
- b) a step of providing a surrounding environment for the silicon film and the substrate which is predominantly air at atmospheric pressure;
- c) a step of, in the surrounding environment, displacing air from a target region of the surface of the silicon film by directing inert gas to the surface of the silicon film;
- d) a step of, while displacing air from the target region, excimer laser annealing the amorphous silicon in the target region by irradiating the silicon film with one or more exposures to excimer laser energy; and
- e) a step of repeating the steps c) and d) for a successive target region of the silicon film until the amorphous silicon film on the substrate is transformed into a polycrystalline silicon film, whereby excimer laser annealing is performed on each target region in a surrounding environment in which oxygen is reduced and the oxygen content of the resultant polycrystalline silicon layer is below 0.5 atomic percent.

[Claim 8] A method of forming a polycrystalline silicon film on a flat panel display as in

claim 7, in which a step of displacing air from the target region of the surface of the silicon film includes a step of directing gas selected from a group consisting of argon and nitrogen to the surface of the silicon film.

[Claim 9] A method of forming a polycrystalline silicon film on a flat panel display as in claim 7, in which the step c) includes a step of directing a continuous flow of inert gas onto the surface of the amorphous silicon film in the target region.

[Claim 10] A method of forming a polycrystalline silicon film on a flat panel display as in claim 7, in which the step c) further includes a step of directing a continuous flow of the inert gas onto the entire surface of the amorphous silicon film of the substrate.

[Claim 11] A method of forming a polycrystalline silicon film on a flat panel display as in claim 7, in which the steps b) through e) are performed in a surrounding environment which is at a temperature of less than 70°C.

[Claim 12] A method of forming a polycrystalline silicon film on a substrate used in a flat panel display, comprising:

- a) a step of depositing an amorphous silicon film on a substrate used in a flat panel display;
- b) a step of providing a surrounding environment for the silicon film and the substrate which is predominantly air at atmospheric pressure;
- c) a step of in the surrounding environment, displacing air from the surface of the silicon film by directing a flow of inert gas to the surface of the silicon film; and
- d) a step of excimer laser annealing the amorphous silicon by irradiating one or more target regions of the silicon film with one or more exposures to excimer laser energy to transform the amorphous silicon layer into a polycrystalline silicon layer, whereby excimer laser annealing is performed in a surrounding environment in which oxygen is reduced and the oxygen content of the resultant polycrystalline silicon layer is below a predetermined level.

[Claim 13] A method of forming a polycrystalline silicon film on a flat panel display as in claim 12, in which the step of displacing air from the target region of the surface of the silicon film includes a step of directing a flow of gas selected from a group consisting of argon and nitrogen to the surface of the silicon film.

[Claim 14] A method of forming a polycrystalline silicon film on a flat panel display as in claim 12, in which the step b) further includes a step of providing a surrounding environment

which is at a temperature of less than 70°C.

[Claim 15] A method of forming a polycrystalline silicon film on a flat panel display as in claim 14, in which the step b) further includes a step of providing a surrounding environment which is at room temperature.

[Claim 16] A method of forming a polycrystalline silicon film on a flat panel display as in claim 12, in which the reduction of oxygen in the surrounding environment during the excimer laser annealing produces an oxygen content in the resultant polycrystalline silicon layer which is below 0.5 atomic percent.

[Claim 17] A method of forming a polycrystalline silicon film on a flat panel display as in claim 12, in which the excimer laser annealing step includes a step of irradiating a successive target region on the silicon film until a predetermined region of the silicon film is transformed into polycrystalline silicon.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Technical Field to which the Invention belongs] This invention relates generally to a flat panel display manufacturing system and more specifically to a method of forming a polycrystalline silicon film on a flat panel display substrate.

[0002]

[Prior Art] A thin film transistor (TFT) used in a liquid crystal display (LCD) or a flat panel display of an active matrix type is manufactured on a silicon film deposited on a transparent substrate. The most widely used substrate is glass, and amorphous silicon is readily deposited on glass. To provide polycrystalline silicon (alternatively known as polysilicon i.e. p-Si) suitable for a TFT requires crystallization of deposited amorphous silicon. One method of obtaining polycrystalline silicon film on an LCD substrate is solid phase crystallization of deposited amorphous silicon. Solid phase crystallization is carried out by high temperature annealing, but a glass substrate can not withstand the temperature necessary to melt and crystallize silicon. A quartz substrate can withstand high temperature annealing, but quartz is too expensive for most LCD applications.

[0003] Because glass is deformed when exposed to a temperature above 600 °C, low-temperature crystallization (preferably below 550°C) is used in solid phase processing of

LCD silicon. A low temperature process requires a long anneal time (at least several hours). Such processing is inefficient and yields a polycrystalline silicon TFT which has relatively low electric field effect mobility and a poor transfer characteristic. Polycrystalline silicon produced by solid phase crystallization of deposited amorphous silicon on glass is a problem due to a small crystal size and an intragrain defect of a high-density in a crystallization structure.

[0004] Excimer laser annealing (ELA) has been actively investigated as an alternative to low-temperature solid phase crystallization of an amorphous silicon film on glass. In excimer laser annealing, laser radiation is performed to a selected region of a target film by a high-energy pulsed laser, exposing the silicon to very high temperature for a short duration. As is known to those skilled in the art, typically, each laser pulse covers only a small region (several millimeters width) and a whole target is crystallized by moving a substrate or a laser step-like and overlapping a irradiation region of the laser. A more powerful laser with a larger beam profile is under active development and becoming available at present. Regardless of a number of exposure and a pattern, excimer laser annealing allows a region of an amorphous film to be crystallized without damage to an underlying glass substrate.

[0005] The major advantages of excimer laser annealing are the formation of polysilicon grains with excellent structural quality and the ability to process a selected region of a display panel. Polycrystalline silicon produced on a transparent substrate by excimer laser annealing has electron mobility characteristics rivaling an IC driver circuit currently used in an amorphous silicon LCD. Therefore, it becomes possible to incorporate a driver circuit onto the substrate, simplifying manufacturing.

[0006] The most common problem that occurs in excimer laser annealing is the narrow process window associated with the development of large and uniform grain sizes. Surface roughness inherent to the excimer laser annealing is also a problem. Research has suggested that improvements in surface condition, a reduction in defects, and an increase of crystal size are associated with low oxygen content in ELA polycrystalline silicon films. Oxygen content can be controlled in several ways, and the industry standard currently is a method to perform ELA in a high vacuum (10^{-7} Torr) or, somewhat less efficacious, in a low vacuum (rough vacuum) (10^{-3} Torr). Alternatively, excimer laser annealing has been carried out in a

chamber filled with non-oxygen surroundings such as He, Ar, or N₂ with varying results. The association between oxygen content and polycrystalline silicon film quality is still being investigated, but the present invention is directed to a method of controlling oxygen content in a way that is more practical and economical than prior art techniques.

[0007] A significant problem with regard to prior art systems for reducing oxygen incorporation into polycrystalline silicon during ELA is the need for a process chamber to house a target substrate. When a process chamber (alternatively, called: "chamber", "processing chamber", or "substrate isolation chamber") is used, an excimer laser beam must pass into the chamber through a quartz window. Vacuum chambers, in particular, are costly and quartz windows cost several thousand dollars and have only a limited life, lasting only days or weeks in mass production. A chamber for processing in non-air surroundings near the atmospheric pressure is somewhat simpler than a vacuum chamber, but still has an expensive quartz window. The costs associated with a processing chamber are one reason that ELA equipment without a substrate isolation chamber is still being manufactured, sold, and utilized. However, this verifies that polycrystalline silicon with inferior mobility characteristics (and higher oxygen content) compared with a film annealed in vacuum is produced by ELA performed in air surrounding.

[0008]

[Problems to be Solved by the Invention] The problem that the present invention is to solve is to effectively control the amount of oxygen incorporated in an ELA polycrystalline silicon film, keeping the oxygen content below a predetermined threshold, while minimizing the production cost of the device regarding an anneal apparatus.

[0009] It would be advantageous to improve the film quality of an ELA polycrystalline silicon film on a flat panel display substrate by performing excimer laser annealing in a predominantly air surrounding at atmospheric pressure, eliminating the need for a substrate isolation chamber that has a costly quartz window through which a laser beam must pass.

[0010] In addition, it would be advantageous to improve the film quality of an ELA polycrystalline silicon film by reducing oxygen incorporation with relatively simple changes to ELA equipment designed for annealing in air surroundings.

[0011] The present invention has been made in view of problems above, and the object is to

provide a simple and cost-effective method of reducing oxygen content of a polycrystalline silicon film annealed by ELA by overcoming the problems.

[0012]

[Means for Solving the Problem] A method of forming a polycrystalline silicon film on a substrate used in a flat panel display, comprising: a) a step of depositing an amorphous silicon film on a substrate used in a flat panel display; b) a step of excimer laser annealing the amorphous silicon by irradiating one or more target regions of the silicon film with one or more exposures to excimer laser energy to transform the amorphous silicon layer into a polycrystalline silicon layer, the excimer laser annealing step including: i) a step of providing a surrounding environment for the silicon film and the substrate which is at atmospheric pressure during the excimer laser annealing; and ii) a step of displacing the surrounding atmosphere from the surrounding environment of each target region by directing inert gas to the surface of the silicon film during irradiation of the target region, whereby oxygen in the surrounding environment of the silicon film is reduced during the excimer laser annealing and the oxygen content of the resultant polycrystalline silicon layer is below a predetermined level ,is provided.

[0013] During the excimer laser annealing step, the gas directed to the surface of the silicon film to displace the surrounding atmosphere may be selected from a group consisting of argon and nitrogen.

[0014] The excimer laser annealing step is carried out in a surrounding atmosphere which is predominantly air and may include a step of displacing the air from the surrounding environment of each target region by the inert gas.

[0015] The excimer laser annealing step may include a step of directing a flow of the inert gas onto the surface of the amorphous silicon film in the target region during irradiation of the each target region.

[0016] The step of providing a surrounding environment for the silicon film and the substrate during the excimer laser annealing step may further include a step of providing a surrounding environment which is at room temperature.

[0017] The step of irradiating one or more target regions of the silicon film may include a step of irradiating a successive target region on the silicon film until a predetermined region of the

silicon film has been transformed into polycrystalline silicon.

[0018] A method of forming a polycrystalline silicon film on a substrate used in a flat panel display, comprising: a) a step of depositing an amorphous silicon film on a substrate used in a flat panel display; b) a step of providing an ambient environment for the silicon film and the substrate which is predominantly air at atmospheric pressure; c) a step of, in the surrounding environment, displacing the air from a target region of the surface of the silicon film by directing inert gas to the surface of the silicon film; d) a step of, while displacing the air from the target region, excimer laser annealing the amorphous silicon in the target region by irradiating the silicon film with one or more exposures to excimer laser energy; and e) a step of repeating the steps c) and d) for a successive target region of the silicon film until the amorphous silicon film on the substrate transformed into a polycrystalline silicon film, whereby excimer laser annealing is carried out on each target region in a surrounding environment in which oxygen is reduced and the oxygen content of the resultant polycrystalline silicon layer is below 0.5 atomic percent, is provided.

[0019] The step of displacing air from the target region of the surface of the silicon film may include a step of directing gas selected from the group consisting of argon and nitrogen to the surface of the silicon film.

[0020] The step c) may include a step of directing a continuous flow of inert gas on the surface of the amorphous silicon film in the target region.

[0021] The step c) may further include a step of directing a continuous flow of the inert gas on the entire surface of the amorphous silicon film of the substrate.

[0022] The steps b) through e) may be conducted in a surrounding environment which is at a temperature of less than 70°C.

[0023] A method of forming a polycrystalline silicon film on a substrate used in a flat panel display, comprising: a) a step of depositing an amorphous silicon film on a substrate used in a flat panel display; b) a step of providing a surrounding environment for the silicon film and the substrate which is predominantly air at atmospheric pressure; c) a step of, in the surrounding environment, displacing the air from the surface of the silicon film by directing a flow of inert gas to the surface of the silicon film; and d) a step of excimer laser annealing the amorphous silicon by irradiating one or more target regions of the silicon film with one or

more exposures to excimer laser energy to transform the amorphous silicon layer into a polycrystalline silicon layer, whereby excimer laser annealing is performed in a surrounding environment in which oxygen is reduced and the oxygen content of the resultant polycrystalline silicon layer is below a predetermined level, is provided.

[0024] The step of displacing air from the target region of the surface of the silicon film may include a step of directing a flow of gas selected from the group consisting of argon and nitrogen to the surface of the silicon film.

[0025] The step b) may further include a step of providing a surrounding environment which is at a temperature of less than 70°C.

[0026] The step b) may further include a step of providing a surrounding environment which is at room temperature.

[0027] The reduction of oxygen in the surrounding environment during the excimer laser annealing may produce an oxygen content in the resultant polycrystalline silicon layer which is below 0.5 atomic percent.

[0028] The excimer laser annealing step may include a step of irradiating a successive target region on the silicon film until a predetermined region of the silicon film has been transformed into polycrystalline silicon.

[0029] The following will explain the function.

[0030] A method of forming a polycrystalline silicon film on a substrate used in a flat panel display is provided. This method includes, first of all, a step of depositing an amorphous silicon film on a substrate used in a flat panel display. The substrate is typically glass. The next step is a step of excimer laser annealing the amorphous silicon by irradiating one or more target regions of the silicon film with one or more exposures to excimer laser energy. The amorphous silicon layer is transformed into a polycrystalline silicon layer by the annealing step. The excimer laser annealing step includes a step of providing a surrounding environment for the silicon film and the substrate which is at atmospheric pressure during the excimer laser annealing. Moreover, this excimer laser annealing step further includes a step of displacing a surrounding atmosphere from the surrounding environment of each target region by directing inert gas to the surface of the silicon film during irradiation of the target region. In this way, oxygen in the surrounding environment of the silicon film is reduced

during the excimer laser annealing, and the oxygen content of the resultant polycrystalline silicon layer is below a predetermined level.

[0031] In a preferred embodiment of the present invention, the inert gas used in displacing the surrounding atmosphere from the surrounding environment of each target region of the silicon film is selected from the group consisting of argon and nitrogen. In addition, argon is preferable among the suggested gas. The surrounding environment provided during the excimer laser annealing step is preferably predominantly air, and it is the air immediately adjacent the surface of the silicon film that is displaced by the step of directing inert gas to the surface of the silicon film.

[0032] It is further suggested that the best method of directing inert gas to the surface of the silicon film to displace the surrounding (for example, air) atmosphere, is to direct a continuous flow of inert gas onto the surface of an amorphous silicon film. The suggested temperature at which excimer laser annealing step is performed is room temperature or, alternatively, a temperature of less than 70°C.

[0033] The present invention may be used to transform amorphous silicon into polycrystalline silicon on a flat panel display substrate (alternatively, referred to herein as liquid crystal display substrate, or LCD substrate) of any size. Accordingly, in a step of irradiating a target region of a silicon film, it is required to anneal an entire substrate or an entire predetermined target region by exposing only a target region with one shot. Since ELA is customarily performed using a small cross-section laser beam which covers only a part of the LCD panel being processed, the irradiation step is performed by irradiating a successive target region on a silicon film a plurality of times until the process is complete. Completing the process means either irradiating a successive target region until the entire surface of the silicon film has been excimer laser annealed, or irradiating whichever a selected sub-region or predetermined region of the film is targeted for conversion to polycrystalline silicon. Another alternative variation on the irradiation step is to use a broad cross-section, so-called "single shot" ELA laser which covers the entire surface of the silicon film, in which case, only a single target region is exposed in the process.

[0034] The method of the present invention, if carried out in a predominantly air surrounding, allows for the displacing of air with inert gas either which is directed to a limited sub-region

of the silicon film in the target region of the film where excimer laser annealing is performed, or which is filled the entire surface of the silicon film during the entire excimer laser annealing process. In the latter alternative, the flow of inert gas is not directed to any specific target region and the entire surface of the silicon film is displaced of air by inert gas while a successive target region is annealed. Regardless of the size of the region wherein air is displaced by inert gas, the purpose of the process is to reduce oxygen in the surrounding environment during excimer laser annealing whereby the oxygen content of the resultant polycrystalline silicon layer is maintained a level below a predetermined level, preferably below 0.5 atomic percent.

[0035] A fabrication method of a silicon-on glass substrate used in a flat panel display fabrication is provided by the present invention. A layer of an amorphous silicon film is deposited on a glass substrate. Amorphous silicon is transformed into polycrystalline silicon by being annealed with excimer laser annealing. Excimer laser annealing is performed in a surrounding environment which is predominantly air at atmospheric pressure and at room temperature. In this process, an environment chamber to accommodate a substrate during excimer laser annealing is not required. This process replaces a surrounding air surrounding the target region on the surface of the silicon film at which a laser beam is irradiated to the silicon film by using inert gas. As a result, oxygen in the surrounding environment on the substrate is reduced at the time of annealing, and the oxygen content of the resultant polycrystalline silicon layer is maintained a level below a predetermined level. This process provides polycrystalline silicon with less defects and improved crystallinity on the flat panel display substrate compared to polycrystalline silicon formed by ELA in air.

[0036]

[Embodiment of the Invention] FIG. 1 is a schematic illustration of the components of an excimer laser annealing (ELA) apparatus 10. Several manufacturers supply excimer laser annealing systems suitable for use with the method of the present invention, including Sopra, S.A. of France, Lambda Physik of Germany, and XMR, Inc. of Fremont, California. Excimer laser and related systems are known to those skilled in the art of excimer laser annealing, and the method of the present invention is suitable for use with any ELA system designed to transform an amorphous silicon film deposited on a liquid crystal display

substrate into a polycrystalline silicon film.

[0037] Excimer laser annealing apparatus 10 includes a laser head 14 which emits high-energy coherent radiation at a selected wavelength. The type of laser used is a matter of a design choice. For example, a XeCl laser emits UV radiation at a wavelength of 308 nm; a KrF laser operates at a wavelength of 248 nm. Laser 14 emits a pulsed laser beam 20 which is adjustable to various energy levels. Pulse duration can be varied over a wide range, typically 10-200 nm, and the pulse repetition rate can be generally selected between 0.1 Hz and 50 Hz. Beam cross-sections can vary widely depending on the power level of laser and the type of optics used in an apparatus as will be discussed below. Each of operational parameter of any specific excimer laser systems conforms to the present invention, and the process can be performed using laser which operates within or outside the numerical range suggested in this paragraph.

[0038] Laser 14 emits a beam 20 and the beam 20 passes through a beam homogenizer 26. The homogenizer 26 is an optical system that produces substantially uniform beam profile as the beam applies to the target surface. The size of the beam 20 as it generates from the homogenizer 26, and any other related optics (not shown), determines the size and configuration of the target region on the substrate to be irradiated by the laser beam 20. A beam profile ranges substantially from a typical beam between of 10 mm² and 50 mm² to so-called "single shot" ELA which can anneal the entire flat panel display by a single exposure.

[0039] The target toward which laser beam 20 is aimed is a flat panel display substrate 36 onto which a layer of amorphous silicon film layer 38 has previously been deposited. In apparatus 10, the substrate 36 is supported on a movable stage 40 of any suitable type capable of repositioning the substrate 36 in a programmable manner to ensure that a successive target region 43 (where the beam 20 applies to the film 38) on the substrate 36 is sequentially or repeatedly irradiated. Needless to say, alternatively, it is easily understood that the function of the movable stage 40 can be achieved by actuating the laser head 14 and related optics with regard to a fixed stage, or by changing the direction of the beam 20 so that the beam 20 aims at a different target region on the substrate 36. Whichever way this function is accomplished, the purpose of the ELA apparatus 10 is to expose a selected region of the surface 42 of the

amorphous silicon layer 38 which has been deposited on the substrate 36, to excimer laser energy by irradiating one or more target regions of the silicon.

[0040] The power level of the laser 14, the duration of the laser pulse emitted, and the size of the laser beam 20 determine the number of exposure, namely, the number of "shot" to which each target region on the substrate 36 is exposed. An ELA system is readily programmed to conduct multiple exposures, depending on a case, 100 exposures or more, on each sub-region or target region of the substrate, in order to properly anneal and crystallize the amorphous silicon film. The method of the present invention is not limited to any specific laser annealing parameters, and can be readily used with excimer laser of any suitable power levels programmed to deliver single shot or multiple shots of laser energy to each target region. If the laser 14 has sufficient power and the beam 20 has sufficient cross-section to irradiate (shoot) the entire surface region of the substrate 36 in a single exposure, this method requires irradiation of only a single "target region" on the substrate. In such a case, the method described below will not require the irradiation of a successive target region of the silicon film. In most applications, a method requires irradiation of a successive target region of the silicon film 38 until either the entire film layer has been transformed into polycrystalline silicon, or a predetermined area (in a selected region) of the film has been transformed.

[0041] A specific advantage of the present invention is that the ELA apparatus 10 does not require an environmental chamber or the like in which the substrate 36 is enclosed during excimer laser annealing. Such chamber is generally designed to be evacuated to be in either a high or low vacuum, or is designed to contain a controlled surrounding atmosphere. In the ELA system including such environmental chamber, the beam 20 from the laser 14 enters the chamber through a suitable window, generally made of quartz. When conducting the method of the present invention, a chamber, a window, a pump, and other equipment associated with a substrate isolation chamber are not required. Instead in the apparatus 10, the laser 14, the movable stage 40, and the target substrate 36 are positioned in a conventional LCD processing clean room environment. This clean room environment further includes a proper substrate handler and a conveyer (not shown) to position an LCD substrate on an X-Y stage 40.

[0042] The ELA apparatus 10 adapted for performing the method of the present invention includes an inert gas supply system 50 to direct inert gas to the surface of the silicon film 38

on the substrate 36. The inert gas supply system 50 includes one or more reservoirs 56 of suitable inert gas, preferably argon (Ar) or nitrogen (N₂). The reservoir 56 can contain liquefied gas when fitted with a suitable vaporizer, or it can be a gas reservoir.

[0043] The inert gas supply reservoir 56 is operatively connected to one or more nozzles 60 through a suitable manifold or a conduit 64 which delivers inert gas to the region of the surface 42 of the silicon film layer 38 on the substrate 36. One or more valves 70 and pumps 74 are optionally provided to control the flow of inert gas from the supply reservoir 56 to the nozzle 60. The number, shape, size and configuration of the nozzle 60 is a matter of design choice and optimization and the nozzle can take a variety of forms such as a shower head, multiple individual nozzles, or one or more elongated laminar flow-type apertures.

[0044] The purpose of the inert gas supply system 50 is to direct inert gas, preferably argon or nitrogen to the surface 42 of the silicon film 38 during irradiation of the target region 43 by the laser beam 20. The gas displaces a surrounding atmosphere from the surrounding environment of the target region 43 during one or more exposures of the target region 43 to excimer laser energy. It is readily understood by those skilled in the art that the number and configuration of the nozzle 60 is a matter of design choice which depends on factors such as the size and orientation of the target surface 42, the size and profile of the excimer laser beam 20, the type and volume of inert gas supplied, and the process conditions selected for the ELA.

[0045] The nozzle can either move with the X-Y stage 40 (i.e., remain stationary relative to the substrate 36), or remain stationary while the stage 40 moves, depending on whether oxygen during ELA is to be displaced more or less continuously from the entire surface 42 of the silicon film 38, or displaced only from the limited target region 43. In the first option, the nozzle 60 would be configured to flood the entire surface 42 of the silicon film 38 during the excimer laser annealing of each target region, until all selected or predetermined target regions on the film 38 have been annealed. In the second option, the nozzle 60 is fixed relative to the beam 20, and directs inert gas to the target region 43 while the position of the substrate 36 is moved to a successive target position. Thus, the surrounding atmosphere would be displaced by inert gas from each target region on the surface 42 of the silicon film 38 as the target region is annealed.

[0046] FIG. 2 shows a step in the method of the present invention. The initial step 90 is a preparation of a suitable flat panel display substrate where an amorphous silicon film is deposited. Although a glass substrate 36 (FIG. 1) is assumed in this process, a plastic substrate or other substrates can be used with the method of the present invention. A layer of amorphous silicon (a-Si) is deposited on the glass substrate by any suitable means, for example, plasma enhanced chemical vapor deposition (PECVD). If a barrier layer is used, such as silicon dioxide, this barrier layer is first deposited on the glass, preferably by using PECVD. A typical thickness range for the a-Si film on the substrate 36 is, generally, in the range of 20-200 nm. The dimensions of the substrate in the step 90 are unimportant to the method of the present invention and any size flat panel display can be used in this process.

[0047] The next steps 92, 94, and 96 in the method are performed substantially simultaneously. The substrate formed in the step 90 is positioned on the suitable excimer laser annealing apparatus 10 as described with reference to FIG. 1. In the step 92, a surrounding environment is provided for the silicon film and the substrate which is at atmospheric pressure. The process could be carried out at any temperature suitable for excimer laser annealing and room temperature is recommended since room temperature is the easiest to provide. Alternatively, a temperature below 70°C is recommended. The surrounding atmosphere is preferably air because air is the easiest surrounding atmosphere to provide and the present invention is directed to mass production of a flat panel display. The present invention is intended to be conducted in air in a typical clean room environment of any suitable type.

[0048] Although the method and step 92 are, in the present specifications, described as taking place in an air surrounding, it is more accurately, described as a predominantly surrounding of air. An essential part of the process is the displacement of the surrounding atmosphere from the surface of the silicon film on the substrate 36 during excimer laser annealing by inert gas. Of course, that means that in the immediate and critical region where the excimer laser beam 20 applies to the surface 42 of the silicon film 38 (i.e., the target region 43), the surrounding atmosphere is, in fact, inert gas, not air. Nevertheless, the laser 14 which supports the stage 40, and all peripheral devices are in an air atmosphere, which simplifies the carrying out of the process. The purpose of the present invention is to eliminate the need for an

environmental chamber of some kind to house the substrate during ELA. This invention accomplishes this purpose simply, by displacing the air in a critical target region immediately adjacent the surface 42 of the silicon film 38 during the critical time when excimer laser annealing of each target region is carried out. Therefore, the process is properly described being carried out in an air surrounding, alternatively, or a predominantly air surrounding. That is because a very large percentage of the atmosphere surrounding the equipment which conducts the process is a surrounding atmosphere of a room in which the process is taking place.

[0049] The next step in the method, the step 94, is the displacing the surrounding atmosphere from the surrounding environment of each target region on the surface of the silicon film. This step is conducted by the inert gas supply system 50 which directs a selected inert gas to the surface 42 of the film 38 during irradiation of each target region 43. A preferred inert gas used in the step 94 is either argon or nitrogen. Experimentation has shown some slight tendency of nitrogen to combine with silicon during excimer laser annealing, forming N-Si compounds, although the effect of such compounds in a crystalline silicon film is not fully known. For that reason, although nitrogen is well-known inert gas, it is slightly reactive under ELA condition. For that reason, applicant recommends the use of argon at the present time, although further experimentation may demonstrate the equal stability of nitrogen for use in the step 94.

[0050] The step 94 displaces the air or other surrounding atmosphere from the surrounding environment of each target region 43 on the silicon film 38 during irradiation of the target region by laser beam 20. The reason for displacing the surrounding atmosphere is to reduce oxygen in the surrounding environment adjacent the silicon film during excimer laser annealing. If oxygen in the surrounding environment is reduced during ELA, the oxygen content of the resultant polycrystalline silicon layer is reduced. It is the purpose of the present invention to maintain the oxygen content of the polycrystalline silicon layer below a predetermined level, preferably below 0.5 atomic percent. That is the level above which the film quality of the polycrystalline silicon degrades. The present invention provides a simple and cost-effective method of an ELA processing that yields a polycrystalline silicon film having an oxygen content in the crystalline structure that is below 0.5 atomic percent.

[0051] The next step, the step 96 is an excimer laser annealing step. The amorphous silicon film 38 is exposed to excimer laser energy simultaneously with the steps 92 and 94. As is described above with reference to FIG. 1, the typical excimer laser annealing apparatus conducts ELA by irradiating a successive target region of the silicon film with one or more exposures to excimer laser energy to transform the amorphous silicon layer into the polycrystalline silicon layer. Alternatively, if the substrate 36 is sufficiently small, or the size of the beam 20 is sufficiently large, a single target region 43 could cover the entire surface region of the silicon film 38 in a single shot or exposure. Consequently, the step 96 is most broadly characterized as excimer laser annealing the amorphous silicon by irradiating one or more target regions of the silicon film with one or more exposures to excimer laser energy. Regardless of the number of the target regions which must be individually exposed, the step 96 is carried out simultaneously with the step 92 and the step 94 of displacing the surrounding atmosphere from the surrounding environment of the target region by inert gas directed to the surface of the silicon film.

[0052] In a present typical state-of-the-art ELA process for a large flat panel display, the step 96 involves a step of irradiating a successive target region of the film with one or more exposures (shots) of excimer laser energy, followed by a repositioning of the relative position between the target region 43 on the substrate 36 and the laser beam 20. Such repositioning is accomplished, in the apparatus of FIG. 1 by the X-Y movement of the movable stage 40 relative to the laser 14.

[0053] Once the step 96 is completed, the product 98 of the process which is further processed is a flat panel display substrate with a film of polycrystalline silicon suitable for a thin film transistor (TFT) and other active devices. The oxygen content of the polycrystalline silicon layer 38 on the substrate 36 is below a predetermined level, preferably below 0.5 atomic percent.

[0054] The flow characteristic of the inert gas supplied during the step 94 is a matter of process optimization and selection. The inert gas has a certain cooling effect which may or may not be desirable in the ELA processing of a particular amorphous silicon film. Factors such as the thickness of the deposited amorphous silicon film on the substrate, surrounding temperature conditions during processing, and the inert gas used in the process, will affect the

selection of the flow rate of inert gas in the step 94. For example, the gas could be supplied by a short burst or pulse which will displace the surrounding atmosphere in a long time enough to complete the irradiation of a target region on the substrate, after that another burst and pulse of gas is delivered to a new target region. Alternatively, a preferred methodology could be to maintain a continuous flow of inert gas over the surface of the silicon film during the entire ELA process. The latter option would increase the cooling effect of the inert gas which would modify the rate or quality of the crystallization which occurs. Similarly, the surrounding temperature at which the steps 92, 94, and 96 are conducted is a matter of optimization and design choice. As noted above, the method of the present invention is adapted to be performed at room temperature to simplify the provision of suitable surrounding conditions. A suggested alternative is to perform the method at a surrounding temperature of 70°C or less.

[0055] FIG. 3 shows an alternative embodiment of the steps of the present invention. In the embodiment of FIG. 3, the ELA process is carried out on a successive target region of the silicon film on the substrate 36 (FIG. 1) until all selected target regions have been processed. The initial step in the embodiment of FIG. 3 is step 10, which is the same as the step 90 in the embodiment of FIG. 2. The next step in the embodiment of FIG. 3 is step 102, which is the same as the step 92 in the embodiment of FIG. 2, assuming a predominantly air surrounding environment. The next step in the embodiment of FIG. 3 is step 104, displacing the air from a target region on the surface of the silicon film by directing inert gas to the surface of the silicon film. The step 104 is performed by an inert gas supply system 50 of FIG. 1, and the inert gas, preferably argon or nitrogen is directed to the surface 42 of the silicon film 38 through the nozzle 60.

[0056] The next step in the embodiment of FIG. 3 is step 106, which is excimer laser annealing the amorphous silicon in the target region by irradiating the silicon film with one or more exposures to excimer laser energy while the step 104 is being carried out. The step 106 is the equivalent to the step 96 in FIG. 2.

[0057] Step 108, as shown in FIG. 3, is a yes/no decision point, wherein the process returns to the step 104 and repeats the steps 104 and 106 for a successive target region of the silicon film until the amorphous silicon film on the substrate has been transformed into a

polycrystalline silicon film. Once all the selected target regions on the substrate have been transformed into the polycrystalline silicon film, the process is completed. The yes/no decision point 108 controls the irradiation of the successive target regions on the silicon film. When all or a predetermined number of target regions on the film have been transformed into polycrystalline silicon, as determined when the ELA equipment 10 is programmed, the ELA process is stopped. Once the predetermined regions of the substrate have been crystallized, covering either the entire regions or selected regions of the silicon film 38, as a result, a product 110 can be obtained. The product is a substrate which has polycrystalline silicon on its surface, and the polycrystalline silicon has an oxygen content below 0.5 atomic percent. As noted above, that reduced oxygen content results from the ELA step 106 being performed in a surrounding environment in which oxygen is substantially reduced.

[0058]

[Embodiment] What follows are embodiments of the processing of a flat panel display in accordance with the method of the present invention.

[0059] Amorphous silicon 500 Å-thick, is deposited by plasma-enhanced chemical-vapor-deposition (PECVD) on a transparent substrate with or without a base coat (i.e. 2000 Å SiO₂ layer). The film is subjected to a low-temperature (400 - 450°C) annealing step to drive out hydrogen that is typically incorporated into the silicon film during deposition. Other deposition techniques (i.e. physical vapor deposition, PVD) could be utilized to eliminate the need for the low-temperature dehydrogenation step. Then, the film is laser annealed using excimer laser (i.e. XeCl at 308 nm) in the following manner.

[0060] The substrate with the deposited silicon film is loaded on an X-Y moving stage. This is an open configuration (i.e. no chamber necessary). The laser beam, generated by an optical system, is directed to the surface of the film. A homogenizer is included in the pass of the beam to improve the uniformity of the laser beam profile. At the same time, inert gas is flowing above the surface of the film in a direction parallel to the surface of the film. The gas flow is typically higher than 0.5 liters/minute. Alternatively, the gas could be flown through a nozzle assembly attached to the optical system that is fixed to the laser. In this example, the inert gas flows in a direction almost perpendicular to the surface of the film.

[0061] As the X-Y stage on which the substrate with the film is situated moves, a different

region of the film is brought under the beam, then crystallized. A typical beam size for this geometric configuration is 3-4 square inches. Assuming a substrate size of $360 \times 465 \text{ mm}^2$, 29-65 single shots are necessary to cover the whole region of the panel. Preferably 2-3 shots are delivered on each region to improve the crystalline characteristics of the film, increasing the number of shots to 87-195 times/panel. This type of excimer laser can deliver 6-15 shots/second, therefore, the time to anneal the whole panel is determined by the movement of the X-Y stage from region to region, rather than the discharge rate of the laser.

[0062] The inert gas that is continuously flowing (by either of the two proposed configurations) effectively purges air from the surface of the silicon film, thus reducing the amount of oxygen that can be incorporated into the film that undergoes crystallization. In this manner, control of the oxygen content is possible at or below 0.5 at %. Without the inert gas purge the oxygen content of the polycrystalline silicon film would increase to about 3.4 at %. Argon can be used as the inert gas as it does not form any compounds with the silicon film. However, nitrogen gas may also be applied to achieve the same object.

[0063] The present invention provides a simple and cost-effective means for reducing the oxygen content of the polycrystalline silicon film annealed by ELA. This reduces the cost of producing a flat panel display as improving the quality of the silicon film on glass.

[0064] Alternative embodiment within the scope of the present invention will come to mind of those skilled in the art of ELA treatment. For example, the type and configuration of an inert gas supply nozzle discussed above is suggestive only, and other systems are possible for displacing air from the target region on the silicon film during ELA. The equipment for performing ELA is continuously evolving and the configuration shown in FIG. 1 is suggestive only.

[0065]

[The Effect of the Invention] The present invention provides a simple and cost-effective method of reducing the oxygen content of the polycrystalline silicon film annealed by ELA. In this method, the surrounding air is displaced from the surrounding environment in the target region by directing inert gas to the surface of the amorphous silicon film during excimer laser annealing. The amorphous silicon film is transformed into a polycrystalline silicon film by the excimer laser annealing, wherein oxygen in the surrounding environment is

reduced, and the oxygen content of the resultant polycrystalline silicon layer is below a predetermined level.

[Brief Description of the Drawing]

[FIG. 1] A schematic illustration of an excimer laser annealing apparatus adapted for practicing the method of the present invention.

[FIG. 2] A flow chart showing a step in a method of controlling oxygen incorporation during excimer laser annealing in a predominantly air surrounding in accordance with the present invention.

[FIG. 3] A flow chart similar to FIG. 2 showing a step in an alternative embodiment of the present invention.

[Description of the Mark]

10 an excimer laser annealing (ELA) apparatus

14 a laser head

20 laser beam

26 a homogenizer

36 a flat panel display substrate

38 an amorphous silicon film

40 a movable stage

42 surface

43 a target region

50 an inert gas supply system

56 a reservoir

60 a nozzle

64 a manifold

70 a valve

74 a pump

(19)日本国特許庁 (JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-138180

(P 2 0 0 0 - 1 3 8 1 8 0 A)

(43)公開日 平成12年5月16日(2000.5.16)

(51)Int.CI.⁷

H01L 21/268

B01J 19/12

H01L 21/20

識別記号

F I

マーク (参考)

H01L 21/268

G

B01J 19/12

B

G

H01L 21/20

審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全11頁)

(21)出願番号 特願平11-112757

(22)出願日 平成11年4月20日(1999.4.20)

(31)優先権主張番号 09/183.108

(32)優先日 平成10年10月30日(1998.10.30)

(33)優先権主張国 米国(US)

(71)出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72)発明者 トリス ボウトサス

アメリカ合衆国 ワシントン 98693,

バンクーバー, エスイー 168ティーエ

イチ アベニュー 3100

(74)代理人 100078282

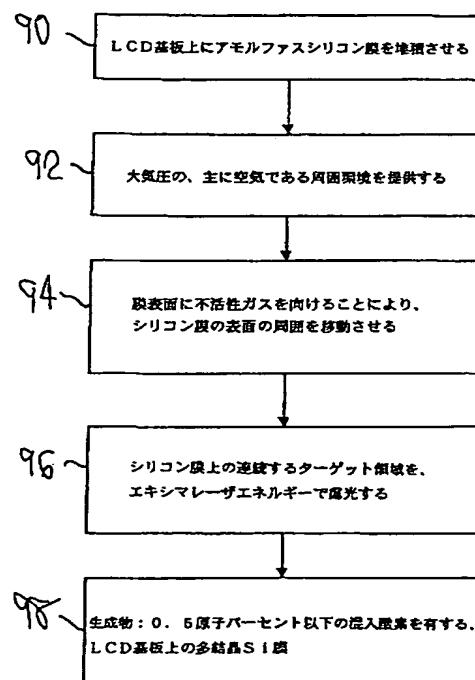
弁理士 山本 秀策

(54)【発明の名称】空気周囲におけるエキシマレーザアニールによるシリコン膜の結晶化中の酸素の混入を制御する方法

(57)【要約】 (修正有)

【課題】ELAによりアニールされる多結晶シリコン膜の酸素含有量を低減するため、単純でコスト効率のよい方法を提供する。

【解決手段】フラットパネルディスプレイにおいて使用される基板上にアモルファスシリコン膜を堆積させ、シリコン膜の1つ以上のターゲット領域に対して、エキシマレーザエネルギーへの1回以上の照射を行うことにより、アモルファスシリコン層を多結晶シリコン層に変える工程において、エキシマレーザアニール中に、大気圧である周囲環境をシリコン膜および基板に提供する工程と、各ターゲット領域の照射中にシリコン膜の表面に不活性ガスを向けることにより、ターゲット領域の周囲環境から周囲雰囲気を移動させる工程により、エキシマレーザアニール中に、該シリコン膜の該周囲環境から酸素が低減され、結果として得られた多結晶シリコン層の酸素含有量が、所定レベルよりも低くなる方法。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 フラットパネルディスプレイにおいて使用される基板上に多結晶シリコン膜を形成する方法であつて、

a) フラットパネルディスプレイにおいて使用される基板上にアモルファスシリコン膜を堆積させる工程と、
b) 該シリコン膜の1つ以上のターゲット領域に対して、エキシマレーザエネルギーへの1回以上の露光で照射を行うことにより、該アモルファスシリコンをエキシマレーザアニールして、該アモルファスシリコン層を多結晶シリコン層に変える工程とを包含し、該エキシマレーザアニール工程が、

i) 該エキシマレーザアニール中に、大気圧である周囲環境を該シリコン膜および該基板に提供する工程と、
ii) 各ターゲット領域の照射中に該シリコン膜の表面に不活性ガスを向けることにより、該ターゲット領域の該周囲環境から周囲雰囲気を移動させる工程とを包含し、それにより、該エキシマレーザアニール中に、該シリコン膜の該周囲環境から酸素が低減され、結果として得られた多結晶シリコン層の酸素含有量が、所定レベルよりも低くなる、方法。

【請求項2】 前記エキシマレーザアニール工程中に、前記周囲雰囲気を移動させるために前記シリコン膜の前記表面に向けられる前記ガスが、アルゴンおよび窒素からなる群から選択される、請求項1に記載のフラットパネルディスプレイ上に多結晶シリコン膜を形成する方法。

【請求項3】 前記エキシマレーザアニール工程が、主に空気である周囲雰囲気中で行われ、前記不活性ガスにより、各ターゲット領域の前記周囲環境から空気を移動させる工程を包含する、請求項1に記載のフラットパネルディスプレイ上に多結晶シリコン膜を形成する方法。

【請求項4】 前記エキシマレーザアニール工程が、前記各ターゲット領域の照射中に該ターゲット領域中の前記アモルファスシリコン膜の表面の上に、前記不活性ガスの流れを向ける工程を包含する、請求項1に記載のフラットパネルディスプレイ上に多結晶シリコン膜を形成する方法。

【請求項5】 前記エキシマレーザアニール工程中に前記シリコン膜および前記基板に周囲環境を提供する前記工程が、室温の周囲環境を提供する工程をさらに包含する、請求項1に記載のフラットパネルディスプレイ上に多結晶シリコン膜を形成する方法。

【請求項6】 前記シリコン膜の1つ以上のターゲット領域を照射する前記工程が、該シリコン膜の所定領域が多結晶シリコンに変わるまで、該シリコン膜上の連続するターゲット領域を照射する工程を包含する、請求項1に記載の方法。

【請求項7】 フラットパネルディスプレイにおいて使用される基板上に多結晶シリコン膜を形成する方法であ

つて、

a) フラットパネルディスプレイにおいて使用される基板上にアモルファスシリコン膜を堆積させる工程と、
b) 該シリコン膜および該基板に、主に空気である大気圧の周囲環境を提供する工程と、
c) 該周囲環境において、該シリコン膜の表面に不活性ガスを向けることにより、該シリコン膜の該表面のターゲット領域から空気を移動させる工程と、
d) 該ターゲット領域から空気を移動させている間、該シリコン膜に対して、エキシマレーザエネルギーへの1回以上の露光で照射を行うことにより、該ターゲット領域中の該アモルファスシリコンをエキシマレーザアニールする工程と、
e) 該基板上の該アモルファスシリコン膜が多結晶シリコン膜に変わるまで、該シリコン膜の連続するターゲット領域に対して該工程c) およびd) を繰り返す工程とを包含し、それにより、各ターゲット領域に対して、エキシマレーザアニールが、酸素が低減された周囲環境中で行われ、結果として得られた多結晶シリコン層の酸素含有量が0.5原子パーセントよりも低い、方法。

【請求項8】 前記シリコン膜の前記表面の前記ターゲット領域から空気を移動させる工程が、アルゴンおよび窒素からなる群から選択されるガスを、該シリコン膜の該表面に向ける工程を包含する、請求項7に記載のフラットパネルディスプレイ上に多結晶シリコン膜を形成する方法。

【請求項9】 前記工程c) が、前記ターゲット領域中の前記アモルファスシリコン膜の表面の上に、不活性ガスの連続する流れを向ける工程を包含する、請求項7に記載のフラットパネルディスプレイ上に多結晶シリコン膜を形成する方法。

【請求項10】 前記工程c) が、前記基板の前記アモルファスシリコン膜の表面全体の上に、前記不活性ガスの連続する流れを向ける工程をさらに包含する、請求項7に記載のフラットパネルディスプレイ上に多結晶シリコン膜を形成する方法。

【請求項11】 前記工程b) からe) が、70℃未満の温度の周囲環境において行われる、請求項7に記載のフラットパネルディスプレイ上に多結晶シリコン膜を形成する方法。

【請求項12】 フラットパネルディスプレイにおいて使用される基板上に多結晶シリコン膜を形成する方法であつて、

a) フラットパネルディスプレイにおいて使用される基板上にアモルファスシリコン膜を堆積させる工程と、
b) シリコン膜および基板に、主に空気である大気圧の周囲環境を提供する工程と、
c) 該周囲環境において、該シリコン膜の表面に不活性ガスの流れを向けることにより、該シリコン膜の該表面から空気を移動させる工程と、

d) 一つ以上の該シリコン膜のターゲット領域に対し、エキシマレーザエネルギーへの1回以上の露光で照射を行うことにより、該アモルファスシリコンをエキシマレーザアニールして、該アモルファスシリコン層を多結晶シリコン層に変える工程とを包含し、それにより、エキシマレーザアニールが、酸素が低減された周囲環境中で行われ、結果として得られた該多結晶シリコン層の酸素含有量が、所定レベルよりも少ない、方法。

【請求項13】 前記シリコン膜の前記表面の前記ターゲット領域から空気を移動させる前記工程が、アルゴンおよび窒素からなる群から選択されるガスの流れを、該シリコン膜の該表面に向ける工程を包含する、請求項12に記載のフラットパネルディスプレイ上に多結晶シリコン膜を形成する方法。

【請求項14】 前記工程b)が、70℃未満の温度の周囲環境を提供する工程をさらに包含する、請求項12に記載のフラットパネルディスプレイ上に多結晶シリコン膜を形成する方法。

【請求項15】 前記工程b)が、室温の周囲環境を提供する工程をさらに包含する、請求項14に記載のフラットパネルディスプレイ上に多結晶シリコン膜を形成する方法。

【請求項16】 前記エキシマレーザアニール中の、前記周囲環境中の酸素の低減により、結果として得られた前記多結晶シリコン層において、0.5原子パーセントよりも低い酸素含有量が得られる、請求項12に記載のフラットパネルディスプレイ上に多結晶シリコン膜を形成する方法。

【請求項17】 前記エキシマレーザアニール工程が、前記シリコン膜の所定領域が多結晶シリコンに変わるもので、該シリコン膜上の連続するターゲット領域を照射する工程を包含する、請求項12に記載のフラットパネルディスプレイ上に多結晶シリコン膜を形成する方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は概して、フラットパネルディスプレイ製造システムに関し、さらに具体的には、フラットパネルディスプレイ基板上に多結晶シリコン膜を形成する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 アクティブマトリクス型の液晶ディスプレイ(LCD)またはフラットパネルディスプレイにおいて使用される薄膜トランジスタ(TFT)は、透明基板に堆積されたシリコン膜上に製造される。最も広く使用されている基板はガラスであり、アモルファスシリコンは、ガラス上に容易に堆積される。TFTに適した多結晶シリコン(あるいは、ポリシリコン即ちp-Siとして知られている)を提供するためには、堆積されたアモルファスシリコンの結晶化が必要とされる。LCD基板上に多結晶シリコン膜を得るための1つの方法は、堆

積されたアモルファスシリコンの固相結晶化である。固相結晶化は、高温アニールによって行われるが、ガラス基板は、シリコンを融解し且つ結晶化するために必要な温度に耐えることができない。石英基板は、高温アニールに耐えることはできるが、石英は、ほとんどのLCDアプリケーションにおいて、高価すぎる。

【0003】 ガラスは、600℃を越える温度に曝されると変形するため、LCDシリコンの固相処理では、低温結晶化(好ましくは、550℃よりも低い温度)が使用される。低温プロセスでは、長いアニール時間(少なくとも数時間)が必要とされる。そのような処理は効率が悪く、得られるのは、比較的低い電界効果移動度および乏しい伝達特性を有する多結晶シリコン TFTである。ガラス上の堆積されたアモルファスシリコンの固相結晶化により生成される多結晶シリコンは、小さい結晶サイズ、および結晶構造中の高密度の粒子内欠陥のため、問題である。

【0004】 エキシマレーザアニール(ELA)は、ガラス上のアモルファスシリコン膜の低温固相結晶化の代替物として、活発に研究されている。エキシマレーザアニールでは、高エネルギーによりパルス化されたレーザにより、ターゲット膜の選択領域にレーザ放射が照射され、シリコンを、短い持続時間の間、非常に高い温度に曝す。当業者に周知のように、典型的には、各レーザパルスは、ほんのわずかな領域(数ミリメートル幅)のみをカバーし、基板またはレーザをステップ状に移動させ、レーザの照射領域を重ね合わせることによりターゲット全体を結晶化させる。より大きいビームプロファイルを有するより強力なレーザが、活発に開発され現在利用可能になってきており、必要とされる露光回数が低減されている。露光の回数およびパターンに拘わらず、エキシマレーザアニールは、アモルファス膜の領域が、下にあるガラス基板に損傷を与えることなく、結晶化されることを可能にする。

【0005】 エキシマレーザアニールの主要な利点は、優れた構造品質を有するポリシリコン粒子の形成、および、ディスプレイパネルの選択領域を処理する能力である。エキシマレーザアニールにより透明基板上に生成される多結晶シリコンは、現在アモルファスシリコンLCDで用いられるICドライバ回路に匹敵する電子移動度特性を有する。従って、ドライバ回路を基板上に組み込んで、製造を簡略化することが可能となる。

【0006】 エキシマレーザアニールに最もよく起る問題点は、大きく均一な粒子サイズを得るためにプロセスウィンドウが狭いことである。エキシマレーザアニールにより生じる表面粗さもまた、問題である。研究により、表面状態の向上、欠陥の低減、および結晶サイズの増加が、ELA多結晶シリコン膜の低酸素含有量に関連することが示唆されている。酸素含有量は、幾つかの方法で制御することができ、産業界の標準は、現在、高真

空 (10^{-7} Torr) または、幾分か効果は低減するが、低真空 (rough vacuum) (10^{-3} Torr) で E L A を行う方法である。あるいは、エキシマレーザアニールは、He、Ar または N₂ などの非酸素周囲で満たされたチャンバで行われており、様々な結果が得られている。酸素含有量と、多結晶シリコン膜の膜質との関連は、まだ研究中であるが、本発明は、従来技術よりも実用的で且つ経済的な方法で酸素含有量を制御する方法に関する。

【0007】E L A 中の多結晶シリコンへの酸素の混入を低減するための従来技術のシステムに関する重大な問題点は、ターゲット基板を収容するためのプロセスチャンバが必要とされることである。プロセスチャンバ（あるいは、「チャンバ」、「処理チャンバ」、または「基板隔離チャンバ」とも呼ばれる）を使用する場合、エキシマレーザビームは、石英ウインドウを通過してチャンバ内に入らなければならない。特に真空チャンバは高価であり、石英ウインドウは数千ドルで、限られた寿命しかなく、大量生産では数日間または数週間しかもたない。大気圧付近での非空気周囲中で処理するためのチャンバは、真空チャンバよりも幾分か単純であるが、それでも、高価な石英ウインドウを有している。処理チャンバに関連するコストが、基板隔離チャンバを備えていない E L A 機器が依然として製造され、販売され、使用されている 1 つの理由である。それでも、このことは、空気周囲中で行われる E L A により、真空中でアニールされた膜よりも低い移動度特性（および高い酸素含有量）を有する多結晶シリコンが生成されることを立証している。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明が解決しようとする課題は、E L A 多結晶シリコン膜に混入される酸素の量を効果的に制御し、アニール装置に係る装置生産コストを最小にしながら、酸素含有量を所定の閾値よりも低く維持することである。

【0009】大気圧で、主に空気の周囲中でエキシマレーザアニールを行うことにより、フラットパネルディスプレイ基板上の E L A 多結晶シリコン膜の膜質を向上し、レーザビームが通過しなければならない高価な石英ウインドウを有する基板隔離チャンバの必要性を無くすことが有利であろう。

【0010】さらに、空気周囲中でのアニール用に設計された E L A 機器に比較的簡単な変更を加えて、酸素の混入を低減することにより、E L A 多結晶シリコン膜の膜質向上することが有利であろう。

【0011】本発明は上記の課題に鑑みてなされたものであり、その目的は上記のような問題点を克服して、E L A によりアニールされる多結晶シリコン膜の酸素含有量を低減するための、単純でコスト効率のよい方法を提供することである。

【0012】

【課題を解決するための手段】フラットパネルディスプレイにおいて使用される基板上に多結晶シリコン膜を形成する方法であって、a) フラットパネルディスプレイにおいて使用される基板上にアモルファスシリコン膜を堆積させる工程と、b) 該シリコン膜の 1 つ以上のターゲット領域に対して、エキシマレーザエネルギーへの 1 回以上の露光で照射を行うことにより、該アモルファスシリコンをエキシマレーザアニールして、該アモルファスシリコン層を多結晶シリコン層に変える工程とを含み、該エキシマレーザアニール工程が、i) 該エキシマレーザアニール中に、大気圧である周囲環境を該シリコン膜および該基板に提供する工程と、ii) 各ターゲット領域の照射中に該シリコン膜の表面に不活性ガスを向けることにより、該ターゲット領域の該周囲環境から周囲雰囲気を移動させる工程とを含み、それにより、該エキシマレーザアニール中に、該シリコン膜の該周囲環境から酸素が低減され、結果として得られた多結晶シリコン層の酸素含有量が、所定レベルよりも低くなる方法が提供される。

【0013】前記エキシマレーザアニール工程中に、前記周囲雰囲気を移動させるために前記シリコン膜の前記表面に向けられる前記ガスが、アルゴンおよび窒素からなる群から選択されてもよい。

【0014】前記エキシマレーザアニール工程が、主に空気である周囲雰囲気中で行われ、前記不活性ガスにより、各ターゲット領域の前記周囲環境から空気を移動させる工程を包含してもよい。

【0015】前記エキシマレーザアニール工程が、前記各ターゲット領域の照射中に該ターゲット領域中の前記アモルファスシリコン膜の表面の上に、前記不活性ガスの流れを向ける工程を包含してもよい。

【0016】前記エキシマレーザアニール工程中に前記シリコン膜および前記基板に周囲環境を提供する前記工程が、室温の周囲環境を提供する工程をさらに包含してもよい。

【0017】前記シリコン膜の 1 つ以上のターゲット領域を照射する前記工程が、該シリコン膜の所定領域が多結晶シリコンに変わるまで、該シリコン膜上の連続するターゲット領域を照射する工程を包含してもよい。

【0018】フラットパネルディスプレイにおいて使用される基板上に多結晶シリコン膜を形成する方法であって、a) フラットパネルディスプレイにおいて使用される基板上にアモルファスシリコン膜を堆積させる工程と、b) 該シリコン膜および該基板に、主に空気である大気圧の周囲環境を提供する工程と、c) 該周囲環境において、該シリコン膜の表面に不活性ガスを向けることにより、該シリコン膜の該表面のターゲット領域から空気を移動させる工程と、d) 該ターゲット領域から空気を移動させている間、該シリコン膜に対して、エキシマ

レーザエネルギーへの 1 回以上の露光で照射を行うことにより、該ターゲット領域中の該アモルファスシリコンをエキシマレーザアニールする工程と、e) 該基板上の該アモルファスシリコン膜が多結晶シリコン膜に変わるまで、該シリコン膜の連続するターゲット領域に対して該工程 c) および d) を繰り返す工程とを包含し、それにより、各ターゲット領域に対して、エキシマレーザアニールが、酸素が低減された周囲環境中で行われ、結果として得られた多結晶シリコン層の酸素含有量が 0.5 原子パーセントよりも低い方法が提供される。

【0019】前記シリコン膜の前記表面の前記ターゲット領域から空気を移動させる工程が、アルゴンおよび窒素からなる群から選択されるガスを、該シリコン膜の該表面に向ける工程を包含してもよい。

【0020】前記工程 c) が、前記ターゲット領域中の前記アモルファスシリコン膜の表面の上に、不活性ガスの連続する流れを向ける工程を包含してもよい。

【0021】前記工程 c) が、前記基板の前記アモルファスシリコン膜の表面全体の上に、前記不活性ガスの連続する流れを向ける工程をさらに包含してもよい。

【0022】前記工程 b) から e) が、70℃未満の温度の周囲環境において行われてもよい。

【0023】フラットパネルディスプレイにおいて使用される基板上に多結晶シリコン膜を形成する方法であつて、a) フラットパネルディスプレイにおいて使用される基板上にアモルファスシリコン膜を堆積させる工程と、b) シリコン膜および基板に、主に空気である大気圧の周囲環境を提供する工程と、c) 該周囲環境において、該シリコン膜の表面に不活性ガスの流れを向けることにより、該シリコン膜の該表面から空気を移動させる工程と、d) 一つ以上の該シリコン膜のターゲット領域に対して、エキシマレーザエネルギーへの 1 回以上の露光で照射を行うことにより、該アモルファスシリコンをエキシマレーザアニールして、該アモルファスシリコン層を多結晶シリコン層に変える工程とを包含し、それにより、エキシマレーザアニールが、酸素が低減された周囲環境中で行われ、結果として得られた該多結晶シリコン層の酸素含有量が、所定レベルよりも少ない方法が提供される。

【0024】前記シリコン膜の前記表面の前記ターゲット領域から空気を移動させる前記工程が、アルゴンおよび窒素からなる群から選択されるガスの流れを、該シリコン膜の該表面に向ける工程を包含してもよい。

【0025】前記工程 b) が、70℃未満の温度の周囲環境を提供する工程をさらに包含してもよい。

【0026】前記工程 b) が、室温の周囲環境を提供する工程をさらに包含してもよい。

【0027】前記エキシマレーザアニール中の、前記周囲環境中の酸素の低減により、結果として得られた前記多結晶シリコン層において、0.5 原子パーセントより

も低い酸素含有量が得られてもよい。

【0028】前記エキシマレーザアニール工程が、前記シリコン膜の所定領域が多結晶シリコンに変わるまで、該シリコン膜上の連続するターゲット領域を照射する工程を包含してもよい。

【0029】以下、作用について説明する。

【0030】フラットパネルディスプレイにおいて使用される基板上に多結晶シリコン膜を形成する方法が提供される。この方法は、まず、フラットパネルディスプレイに使用される基板上にアモルファスシリコン膜を堆積させる工程を包含する。基板は、典型的にはガラスである。次の工程は、シリコン膜の 1 つ以上のターゲット領域に対して、エキシマレーザエネルギーへの 1 回以上の露光で照射を行うことにより、アモルファスシリコンをエキシマレーザアニールする工程である。アニール工程により、アモルファスシリコン層は多結晶シリコン層に変化する。エキシマレーザアニール工程は、シリコン膜および基板に、エキシマレーザアニール中大気圧の周囲環境を提供する工程を包含する。そして、このエキシマ

10 レーザアニール工程は、ターゲット領域への照射中にシリコン膜の表面に不活性ガスを向けることにより、各ターゲット領域の周囲環境から周囲雰囲気を移動させる工程をさらに包含する。このようにして、エキシマレーザアニール中に、シリコン膜の周囲環境から酸素が低減され、結果として得られた多結晶シリコン層の酸素含有量は、所定レベルよりも少なくなる。

【0031】本発明の好適な実施形態では、シリコン膜の各ターゲット領域の周囲環境から周囲雰囲気を移動させる際に使用される不活性ガスは、アルゴンおよび窒素

30 からなる群から選択される。そして、示唆されたガスのうち、アルゴンが好ましい。エキシマレーザアニール工程中に提供される周囲環境は、好ましくは、主に空気であり、シリコン膜の表面に不活性ガスを向ける工程によって移動されるのは、シリコン膜の表面にすぐ隣接する空気である。

【0032】さらに、周囲（例えば、空気）雰囲気を移動させるためにシリコン膜の表面に不活性ガスを向ける最良の方法が、アモルファスシリコン膜の表面の上に不活性ガスの連続的な流れを向けることであることが示唆される。エキシマレーザアニール工程が行われる示唆される温度は、室温か、あるいは、70℃未満の温度である。

【0033】本発明は、任意のサイズのフラットパネルディスプレイ基板（あるいは、本明細書において、液晶ディスプレイ基板または LCD 基板とも呼ばれる）上でアモルファスシリコンを多結晶シリコンに変えるために使用され得る。従って、シリコン膜のターゲット領域に照射する工程では、1 つのショットでターゲット領域のみを露光して、基板全体、または、所定のターゲット領域全体をアニールすることが必要とされる。ELA は、

一般的には、処理中のLCDパネルの一部分だけをカバーする小さい照射面積のレーザビームを使用して行われるため、照射工程は、プロセスが終了するまで、シリコン膜上の連続するターゲット領域に複数回照射することによって行われる。プロセスの終了とは、シリコン膜の表面全体がエキシマレーザアニールされるまで連続するターゲット領域を照射すること、あるいは、膜の選択されたサブ領域または所定領域のうちのどれが多結晶シリコンへの変換のためのターゲットにされても、その領域を照射することを意味する。照射工程のさらに他の変形は、シリコン膜の表面全体をカバーする、広い断面の、いわゆる「シングルショット」ELAレーザを使用することであり、この場合、プロセスにおいて、1つのターゲット領域だけが露光される。

【0034】本発明の方法は、主に空気の周囲中で行われる場合、エキシマレーザアニールが行われる膜のターゲット領域中のシリコン膜の制限されたサブ領域に向けられるか、または、すべてのエキシマレーザアニールプロセス中にシリコン膜の表面全体を不活性ガスで一杯にする不活性ガスを用いて空気を移動させることを可能にする。後者の代替例では、不活性ガスの流れは、任意の特定のターゲット領域には向けられず、連続するターゲット領域をアニールしながら、不活性ガスによりシリコン膜の表面全体から空気が移動される。不活性ガスにより空気が移動される領域のサイズに拘わらず、プロセスの目的は、エキシマレーザアニール中に周囲環境から酸素を低減し、それにより、結果として得られる多結晶シリコン層の酸素含有量が、所定レベルよりも低いレベル、好ましくは、0.5原子パーセントよりも低いレベルに維持されることである。

【0035】本発明により、フラットパネルディスプレイの製造において使用されるシリコン・オン・ガラス基板の製造方法が提供される。ガラス基板の上に、アモルファスシリコン膜の層が堆積される。アモルファスシリコンは、エキシマレーザアニールによってアニールされ、多結晶シリコンに変えられ。エキシマレーザアニールは、大気圧および室温の、主に空気である周囲環境中で行われる。このプロセスでは、エキシマレーザアニール中に基板を収容するための環境チャンバは必要とされない。このプロセスは、レーザビームがシリコン膜に当たっている、シリコン膜の表面上のターゲット領域をすぐ囲んでいる周囲空気を、不活性ガスを用いて移動させる。その結果、アニールの時点での、基板上の周囲環境から酸素が低減され、結果として得られる多結晶シリコン層の酸素含有量は、所定レベルよりも低いレベルに維持される。このプロセスにより、空気中でのELAにより形成された多結晶シリコンと比較して、より少ない欠陥および向上された結晶化を有する多結晶シリコンが、フラットパネルディスプレイ基板上に得られる。

【0036】

【発明の実施の形態】図1は、エキシマレーザアニール(ELA)装置10の構成要素の概略図である。フランスのSopra, S. A.、ドイツのLambda Physik、およびカリフォルニア州フレモント(Fremont)のXMR, Inc.などの幾つかの製造業者は、本発明の方法とともに使用するのに適したエキシマレーザアニールシステムを供給している。エキシマレーザおよび関連するシステムは、エキシマレーザアニールの当業者に周知であり、本発明の方法は、液晶ディスプレイ基板上に堆積されたアモルファスシリコン膜を多結晶シリコン膜に変えるために設計された任意のELAシステムとともに使用するのに適している。

【0037】エキシマレーザアニール装置10は、選択された波長の高エネルギーのコヒーレントな放射を照射するレーザヘッド14を含む。使用されるレーザの種類は、設計の選択事項である。例えば、XeC1レーザは、308nmの波長のUV放射を照射し、KrFレーザは、248nmの波長で動作する。レーザ14は、さまざまなエネルギーレベルに調節可能なパルス化されたビーム20を照射する。パルスの持続時間は、広い範囲、典型的には、10~200nmの範囲で変えることができ、パルス繰り返しレートは概して、0.1Hzと50Hzとの間で選択可能である。以下に説明するように、ビームの断面は、レーザのパワーレベルと、装置で使用されるオプティクスの種類とに依存して広範囲に変わり得る。任意の特定のエキシマレーザシステムの動作パラメータのいずれも本発明と適合し、プロセスは、この段落で示唆された数値範囲内またはその範囲外で動作するレーザを使用して行われ得る。

【0038】レーザ14は、ビーム20を照射し、ビーム20は、ビームホモジナイザ(homogenizer)26を通過する。ホモジナイザ26は、ビームがターゲット表面に当たるとときに実質的に均一なビームプロファイルを生成する光学システムである。ビーム20がホモジナイザ26および他の任意の関連するオプティクス(図示せず)から現れたときのビーム20のサイズにより、レーザビーム20が照射される基板上のターゲット領域のサイズおよび構成が決定される。ビームプロファイルは、10mm²と50mm²との間の典型的なビームから、1回の露光でフラットパネルディスプレイ全体をアニールすることができるいわゆる「シングルショット」ELAまで、実質的に変動する。

【0039】レーザビーム20が向けられるターゲットは、アモルファスシリコン膜層38が前もって堆積されているフラットパネルディスプレイ基板36である。装置10内で、基板36は、基板36上の連続するターゲット領域43(ここで、ビーム20は膜38に当たる)が順次または繰り返し照射されることを確実にするように基板36をプログラム可能な態様で再配置することができる任意の適切な種類の移動式ステージ40上に支持

される。言うまでもなく、代替的に、レーザヘッド14および関連するオプティクスを固定ステージに関して動かすことにより、または、ビーム20を基板36上の異なるターゲット領域に向けるようにビーム20の方向を変えることにより、移動式ステージ40の機能が達成され得ることが容易に理解される。この機能がどのような方法で達成された場合でも、ELA装置10の目的は、シリコンの1つ以上のターゲット領域を照射することにより、基板36上に堆積されたアモルファスシリコン層38の表面42の選択領域を、エキシマレーザエネルギーに露光することである。

【0040】レーザ14のパワーレベル、照射されるレーザパルスの持続時間、およびレーザビーム20のサイズにより、基板36上の各ターゲット領域が受ける露光回数、即ち「ショット」数が決定される。ELAシステムは、アモルファスシリコン膜を適切にアニールし且つ結晶化するために、基板の各サブ領域またはターゲット領域に対して、多数回の露光、場合によっては、100回以上の露光を行うように容易にプログラムされる。本発明の方法は、いかなる特定のレーザアニールパラメータにも限定されず、レーザエネルギーの1回のショットまたは多数のショットを各ターゲット領域に送達するようにプログラムされた任意の適切なパワーレベルのエキシマレーザとともに容易に使用され得る。レーザ14およびビーム20が、1回の露光で基板36の表面領域全体を「照射(shoot)」するのに十分なパワーおよび断面をそれぞれ有していれば、この方法では、基板上の「ターゲット領域」を1つだけ照射すればよい。そのような場合、以下に説明される方法では、シリコン膜の連続するターゲット領域を照射する必要はない。ほとんどのアプリケーションにおいては、方法は、膜層全体が多結晶シリコンに変わるまで、または、膜の(選択領域中の)所定部分が変わるまで、シリコン膜38の連続するターゲット領域の照射を必要とする。

【0041】本発明の具体的な利点は、ELA装置10が、エキシマレーザアニール中に基板36が囲まれる環境チャンバなどを必要としないことである。そのようなチャンバは、概して、高真空中または低真空中に排気されるように設計されるか、または、制御された周囲雰囲気を含むように設計される。そのような環境チャンバを含むELAシステムでは、レーザ14からのビーム20は、通常石英からなる適切なウインドウを通してチャンバに入る。本発明の方法を実行する場合、チャンバ、ウインドウ、ポンプ、および、基板隔離チャンバに関連する他の機器は、必要とされない。その代わりに、装置10では、レーザ14、移動式ステージ40、およびターゲット基板36が、従来のLCD処理用クリーンルーム環境に配置される。このクリーンルーム環境はまた、LCD基板をX-Yステージ40上に配置するための適切な基板ハンドラおよびコンベヤ(図示せず)を含む。

【0042】本発明の方法を実行するために適合されたELA装置10は、基板36上のシリコン膜38の表面に不活性ガスを向けるための不活性ガス供給システム50を含む。不活性ガス供給システム50は、適切な不活性ガス、好ましくは、アルゴン(Argon)または窒素(N₂)の1つ以上のリザーバ56を含む。リザーバ56は、適切な気化器に適合される場合、液化されたガスを含み得る。または、リザーバ56は、ガスリザーバであってもよい。

【0043】不活性ガス供給リザーバ56は、基板36上のシリコン膜層38の表面42の領域に不活性ガスを送達する適切なマニホールドまたは導管64を介して1つ以上のノズル60に作動的に連結される。供給リザーバ56からノズル60への不活性ガスの流れを制御するために、1つ以上のバルブ70およびポンプ74が任意に設けられる。ノズル60の数、形状、サイズ、および構成は、設計の選択および最適化の事項であり、ノズルは、シャワー・ヘッド、多数の個々のノズル、または、1つ以上の細長い層流タイプの開口部などの、様々な形態をとり得る。

【0044】不活性ガス供給システム50の目的は、ターゲット領域43へのレーザビーム20の照射中に、シリコン膜38の表面42に、不活性ガス、好ましくは、アルゴンまたは窒素を向けることである。ガスは、ターゲット領域43をエキシマレーザエネルギーで1回以上露光している間、周囲雰囲気をターゲット領域43の周囲環境から移動させる。ノズル60の数および構成が、ターゲット表面42のサイズおよび向き、エキシマレーザビーム20のサイズおよびプロファイル、供給される不活性ガスの種類および体積、ならびにELAのために選択されたプロセス条件、などのファクタに依存する、設計の選択事項であることが、当業者に容易に理解される。

【0045】ELAの間、酸素を、シリコン膜38の表面42全体から幾分連続的に移動させるか、制限されたターゲット領域43のみから移動させるかに依存して、ノズルは、X-Yステージ40とともに移動しても(即ち、基板36に関して固定したままでも)、ステージ40が移動している間固定したままであってもよい。最初のオプションでは、ノズル60は、膜38上の選択されたまたは所定のターゲット領域がすべてアニールされるまで、各ターゲット領域のエキシマレーザアニール中にシリコン膜38の表面42全体に注ぐように構成される。二番目のオプションでは、ノズル60は、ビーム20に関して固定され、基板36の位置が連続するターゲット位置に移動されて、ターゲット領域43に不活性ガスを向ける。このように、ターゲット領域がアニールされるとき、周囲雰囲気は、不活性ガスにより、シリコン膜38の表面42の各ターゲット領域から移動される。

【0046】図2は、本発明の方法の工程を示す。最初

の工程90は、アモルファスシリコン膜が堆積される適切なフラットパネルディスプレイ基板の準備である。このプロセスではガラス基板36(図1)を仮定しているが、プラスチック基板または他の基板を、本発明の方法とともに用いてもよい。ガラス基板の上には、例えばプラズマ増速化学的気相成長(PECVD)などの任意の適切な手段により、アモルファスシリコン(a-Si)の層が堆積される。二酸化シリコンなどのバリア層を使用する場合、好ましくはPECVDを用いて、このバリア層がまずガラスの上に堆積される。基板36上のa-Si膜の典型的な膜厚範囲は、通常、20~200nmの範囲である。工程90の基板の寸法は、本発明の方法では重要ではなく、任意のサイズのフラットパネルディスプレイがこのプロセスにおいて使用され得る。

【0047】この方法の次の工程92、94および96は、実質的に同時に行われる。工程90で形成された基板は、図1を参照して説明されたような適切なエキシマレーザアニール装置10に配置される。工程92で、シリコン膜および基板に、大気圧の周囲環境が提供される。プロセスは、エキシマレーザアニールに適した任意の温度で行われ得るが、室温が最も提供しやすいため、室温が推奨される。あるいは、70°Cよりも低い温度が推奨される。周囲雰囲気は、好ましくは空気である。なぜなら、空気は、提供するのが最も簡単な周囲雰囲気であり、本発明が、フラットパネルディスプレイの大量生産に向かっているからである。本発明は、任意の適切な種類の典型的なクリーンルーム環境の空气中で行われるように意図される。

【0048】方法および工程92は、本明細書では、空気周囲中で起こるものとして説明されているが、より正確には、主に空気の周囲として説明される。プロセスの本質的な部分は、エキシマレーザアニール中に、不活性ガスにより、基板36上のシリコン膜の表面から周囲雰囲気が移動されることである。言うまでもなく、これは、エキシマレーザビーム20がシリコン膜38の表面42に当たるすぐ隣接する(immediate)臨界領域(即ち、ターゲット領域43)では、周囲雰囲気は、実際には、空気ではなく不活性ガスであることを意味する。それでも、ステージ40を支持するレーザ14、およびすべての周辺機器は空気周囲中にあり、これにより、プロセスの実行が簡略化される。本発明の目的は、ELA中に基板を収容するための何らかの種類の環境チャンバの必要性を無くすことである。本発明は、単に、各ターゲット領域のエキシマレーザアニールが実行される臨界時間中に、シリコン膜38の表面42にすぐ隣接する臨界ターゲット領域における空気を移動させることによって、この目的を達成する。従って、プロセスは、適切には、空気周囲中、または、主に空気の周囲中で実行されるものとして説明される。なぜなら、プロセスを実行する機器を囲む雰囲気の非常に大きいパーセンテージが、

このプロセスが起こっている部屋の周囲雰囲気であるからである。

【0049】方法の次の工程である工程94は、シリコン膜の表面の各ターゲット領域の周囲環境から周囲雰囲気を移動させる工程である。この工程は、各ターゲット領域43の照射中に膜38の表面42に選択された不活性ガスを向ける不活性ガス供給システム50により行われる。工程94で使用される好適な不活性ガスは、アルゴンまたは窒素のいずれかである。実験により、窒素

10 が、エキシマレーザアニール中にシリコンと化合してN-Si化合物を形成する傾向がわずかにあることが示されているが、結晶シリコン膜におけるそのような化合物の影響は、完全には知られていない。この理由により、窒素は周知の不活性ガスであるが、ELA条件下ではおそらくわずかに反応性である。この理由で、出願人は、現在の時点では、アルゴンの使用を推薦するが、さらなる実験により、工程94における使用について、窒素の等しい安定性が立証され得る。

【0050】工程94では、レーザビーム20によるターゲット領域の照射中に、シリコン膜38上の各ターゲット領域43の周囲環境から、空気または他の周囲雰囲気を移動させる。周囲雰囲気を移動させる理由は、エキシマレーザアニール中に、シリコン膜に隣接する周囲環境から、酸素を低減させるためである。ELA中に周囲環境から酸素が低減されると、結果として得られる多結晶シリコン層の酸素含有量が低減される。本発明の目標は、多結晶シリコン層の酸素含有量を、所定レベルよりも低いレベル、好ましくは0.5原子パーセントよりも低いレベルに維持することである。それ以上のレベルであると、多結晶シリコンの膜質は低下する。本発明は、結晶構造において0.5原子パーセントよりも低い酸素含有量を有する多結晶シリコン膜を生成するELA処理の簡単でコスト効率のよい方法を提供する。

【0051】次の工程である工程96は、エキシマレーザアニール工程である。アモルファスシリコン膜38は、工程92および94と同時にエキシマレーザエネルギーに露光される。図1を参照して上で説明したように、典型的なエキシマレーザアニール装置は、シリコン膜の連続するターゲット領域に対して、エキシマレーザエネルギーへの1回以上の露光で照射を行って、アモルファスシリコン層を多結晶シリコン層に変えることにより、ELAを行う。あるいは、基板36が十分に小さいか、または、ビーム20のサイズが十分に大きければ、1つのターゲット領域43が、1回のショットまたは露光におけるシリコン膜38の表面領域全体をカバーし得る。その結果、工程96は、最も大まかには、シリコン膜の1つ以上のターゲット領域に対して、エキシマレーザエネルギーへの1回以上の露光で照射を行うことにより、アモルファスシリコンをエキシマレーザアニールするものとして特徴付けられる。個々に露光されなければ

ならないターゲット領域の数に拘わらず、工程 9 6 は、工程 9 2 および、シリコン膜の表面に向けられる不活性ガスによりターゲット領域の周囲環境から周囲雰囲気を移動させる工程（9 4）と同時に行われる。

【0 0 5 2】大型フラットパネルディスプレイのための典型的な現在の技術水準の E L A プロセスでは、工程 9 6 は、エキシマレーザエネルギーへの 1 回以上の露光（ショット）により、膜の連続するターゲット領域を照射し、その後に、基板 3 6 上のターゲット領域 4 3 とレーザビーム 2 0 との間の相対位置を再配置する工程を含む。そのような再配置は、図 1 の装置において、レーザ 1 4 に関する移動式ステージ 4 0 の X-Y 移動により達成される。

【0 0 5 3】工程 9 6 が終了すると、プロセスの生成物 9 8 は、さらに処理を行って薄膜トランジスタ（T F T）および他の活性デバイスにするのに適した多結晶シリコン膜を有するフラットパネルディスプレイ基板である。基板 3 6 上の多結晶シリコン層 3 8 の酸素含有量は、所定レベルよりも低く、好ましくは 0.5 原子百分率よりも低い。

【0 0 5 4】工程 9 4 の間に供給される不活性ガスの流れ特性は、プロセスの最適化および選択の事項である。不活性ガスは、特定のアモルファスシリコン膜の E L A 処理において所望であるまたは所望でない可能性がある、ある特定の冷却効果を有する。基板上の堆積されたアモルファスシリコン膜の膜厚、処理中の周囲温度条件、およびプロセスで使用される不活性ガスなどのファクタは、工程 9 4 における、不活性ガスの流量の選択に影響を与える。例えば、ガスは、基板上のターゲット領域の照射を終了するのに十分に長い時間周囲雰囲気を移動させる短いバーストまたはパルスで供給され得、その後、ガスの別のバーストまたはパルスが、新しいターゲット領域に送達される。あるいは、好適な方法論は、E L A プロセス全体の間、シリコン膜の表面の上に不活性ガスの連続的な流れを維持することであり得る。後者のオプションの場合、不活性ガスの冷却効果が増加し、それにより、結晶化が起こるレートまたは結晶化の品質が変わる。同様に、工程 9 2 、 9 4 および 9 6 が行われる周囲温度は、最適化および設計の選択事項である。上記のように、本発明の方法は、適切な周囲条件の提供を簡略化するために、室温で行われるように適合される。示唆される代替例は、方法を 70 ℃ 以下の周囲温度で行うことである。

【0 0 5 5】図 3 は、本発明の工程の別の実施形態を示す。図 3 の実施形態では、E L A プロセスは、選択されたターゲット領域がすべて処理されるまで、基板 3 6 （図 1）上のシリコン膜の連続するターゲット領域に対して行われる。図 3 の実施形態の最初の工程は工程 1 0 0 であり、これは、図 2 の実施形態の工程 9 0 と同じである。図 3 の実施形態の次の工程は工程 1 0 2 であり、

これは、図 2 の実施形態の工程 9 2 と同じであり、主に空気の周囲環境を仮定している。図 3 の実施形態の次の工程は工程 1 0 4 であり、シリコン膜の表面に不活性ガスを向けることにより、シリコン膜の表面のターゲット領域から空気を移動させる。工程 1 0 4 は、図 1 の不活性ガス供給システム 5 0 により行われ、好ましくはアルゴンまたは窒素である不活性ガスは、ノズル 6 0 を介してシリコン膜 3 8 の表面 4 2 に向けられる。

【0 0 5 6】図 3 の実施形態の次の工程は工程 1 0 6 であり、この工程は、工程 1 0 4 が行われている間に、シリコン膜に対して、エキシマレーザエネルギーへの 1 回以上の露光で照射を行うことにより、ターゲット領域のアモルファスシリコンをエキシマレーザアニールする工程である。工程 1 0 6 は、図 2 の工程 9 6 と同等である。

【0 0 5 7】図 3 に示されるように、工程 1 0 8 は、イエス／ノー決定ポイントであり、ここで、プロセスは、基板上のアモルファスシリコン膜が多結晶シリコン膜に変わるまで、シリコン膜の連続するターゲット領域について、工程 1 0 4 に戻って工程 1 0 4 および 1 0 6 を繰り返す。基板上の選択されたターゲット領域がすべて多結晶シリコン膜に変わると、プロセスは終了される。イエス／ノー決定ポイント 1 0 8 は、シリコン膜上の連続するターゲット領域の照射を制御する。E L A 機器 1 0 がプログラムされる場合の判断に応じて、膜上のすべてのまたは所定数のターゲット領域が多結晶シリコンに変わると、E L A プロセスが中止される。シリコン膜 3 8 の全領域または選択領域のいずれかをカバーする、基板の所定領域が結晶化されると、その結果、生成物 1 1 0 が得られる。この生成物は、その表面上に多結晶シリコンを有する基板であり、この多結晶シリコンは、0.5 原子百分率よりも低い酸素含有量を有する。上記のように、そのような低減された酸素含有量は、実質的に酸素が低減された周囲環境で行われる E L A 工程 1 0 6 の結果得られる。

【0 0 5 8】

【実施例】以下、本発明の方法によるフラットパネルディスプレイの処理の実施例を示す。

【0 0 5 9】プラズマ増速化学的気相成長（P E C V D）により、500 Å の厚さのアモルファスシリコンを、ベースコート（即ち、2000 Å の Si O₂ 層）を有するまたは有していない透明基板上に堆積する。この膜に、低温（400 ~ 450 ℃）アニール工程を施し、典型的には堆積中にシリコン膜に混入される水素を追い出す。低温脱水素工程の必要性を無くすために、他の堆積技術（即ち、物理的気相成長（P V D））を使用してもよい。その後、エキシマレーザ（即ち、308 nm の X e C I）を用いて、以下の態様で、膜をレーザアニールする。

【0 0 6 0】堆積されたシリコン膜を有する基板を、X

—Y移動ステージ上に載せる。これは、開いた構成（即ち、チャンバは不要）である。光学システムによって発生されるレーザビームは、膜の表面に向けられる。ホモジナイザは、ビームの経路内に含まれ、レーザビームプロファイルの均一性を向上する。それと同時に、不活性ガスが、膜の表面の上で、膜の表面に平行な方向に流れている。ガス流は、典型的には、0.5リットル／分よりも多い。あるいは、ガスは、レーザに固定される光学システムに取り付けられるノズルアセンブリを通して流してもよい。この実施例では、不活性ガスは、膜の表面にはほぼ垂直な方向に流れれる。

【0061】膜を有する基板が配置されるX-Yステージが移動すると、膜の異なる領域が、ビームの下に移動され、結晶化される。この幾何学的形状の場合の典型的なビームサイズは、3~4平方インチである。基板サイズが $360 \times 465 \text{ mm}^2$ であると仮定すると、パネルの全領域をカバーするためには、29~65回のシングルショットが必要である。好ましくは、膜の結晶特性を向上するために、各領域に2~3ショットを送達して、ショット数を87~195回／パネルに増加する。このタイプのエキシマレーザは、6~15ショット／秒を送達することができるため、パネル全体をアニールするための時間は、レーザの放出レートではなく、領域から領域へのX-Yステージの移動により決定される。

【0062】（提案された2つの構成のいずれかにより）連続的に流れている不活性ガスは、シリコン膜の表面から空気を効果的にバージし、それにより、結晶化されている膜に混入され得る酸素量を低減する。このようにして、0.5 at%またはそれよりも低い値で、酸素含有量の制御が可能である。不活性ガスのバージをしなければ、多結晶シリコン膜の酸素含有量は、約3.4 at%に増加する。アルゴンは、シリコン膜とは化合物を形成しないため、アルゴンを、不活性ガスとして使用することができる。しかし、同じ目的を達成するために、窒素ガスを適用してもよい。

【0063】本発明は、ELAによりアニールされる多結晶シリコン膜の酸素含有量を低減するための単純でコスト効率のよい手段を提供する。これは、ガラス上のシリコン膜の膜質を向上しながら、フラットパネルディスプレイの生産コストを削減する。

【0064】本発明の範囲内の別の実施形態が、ELA処理の当業者に思い浮かぶであろう。例えば、上記の不

活性ガス供給ノズルの種類および構成は、単に示唆しただけであって、ELA中にシリコン膜上のターゲット領域から空気を移動させるための他のシステムも可能である。ELAを行うための機器は、絶えず発展するものであって、図1に示された構成は、単に示唆しただけのものである。

【0065】

【発明の効果】本発明は、ELAによりアニールされる多結晶シリコン膜の酸素含有量を低減するための単純で

10 コスト効率のよい方法を提供する。この方法では、エキシマレーザアニール中に、アモルファスシリコン膜の表面に不活性ガスを向けることによって、ターゲット領域の周辺環境から周辺空気が移動させられる。エキシマレーザアニールによって、アモルファスシリコン膜が多結晶シリコンに膜に変えられるが、周辺環境から酸素が低減されたために結果として得られた多結晶シリコン層の酸素含有量が所定レベルよりも低減できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の方法を実施するために適合されたエキシマレーザアニール装置の概略図である。

【図2】本発明による、主に空気の周囲中でのエキシマレーザアニール中の酸素の混入を制御する方法の工程を示すフローチャートである。

【図3】本発明の別の実施形態の工程を示す、図2と同様のフローチャートである。

【符号の説明】

10 エキシマレーザアニール（ELA）装置

14 レーザヘッド

20 レーザビーム

26 ホモジナイザ

36 フラットパネルディスプレイ基板

38 アモルファスシリコン層

40 移動式ステージ

42 表面

43 ターゲット領域

50 不活性ガス供給システム

56 リザーバ

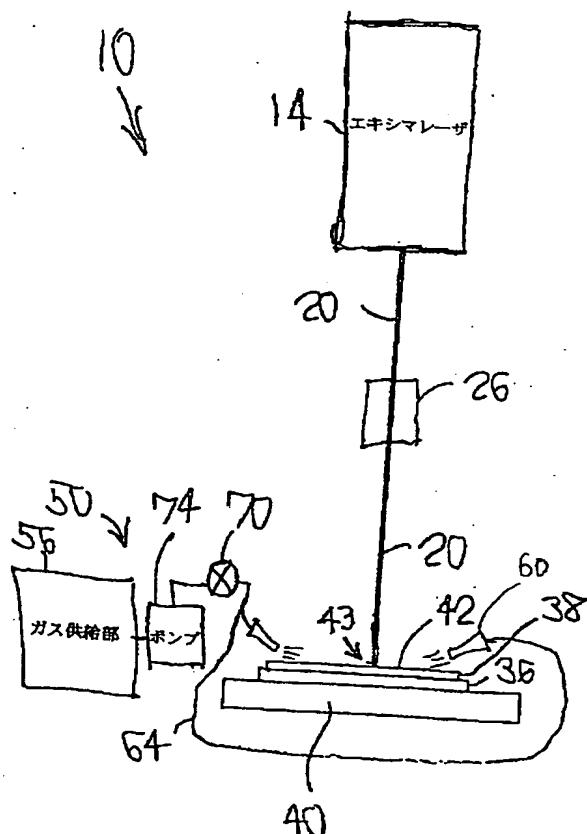
60 ノズル

64 マニホールド

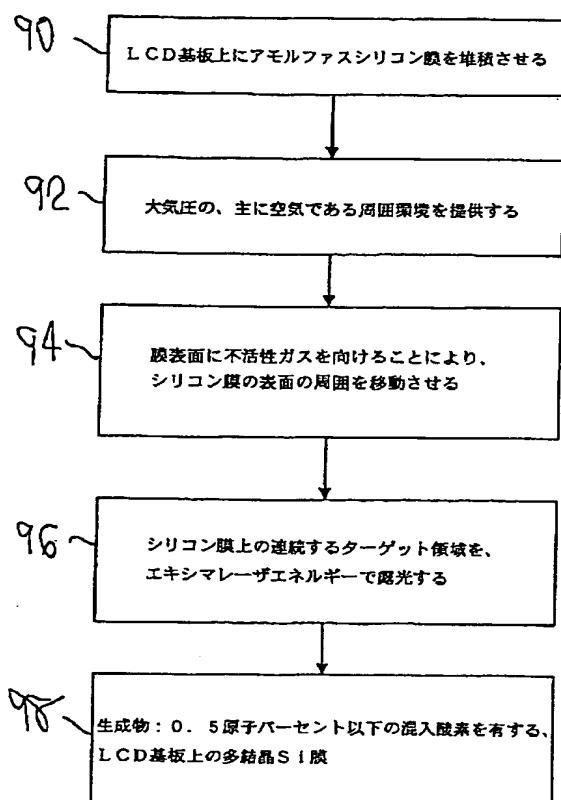
40 70 バルブ

74 ポンプ

【図 1】



【図 2】



【図 3】

